

SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

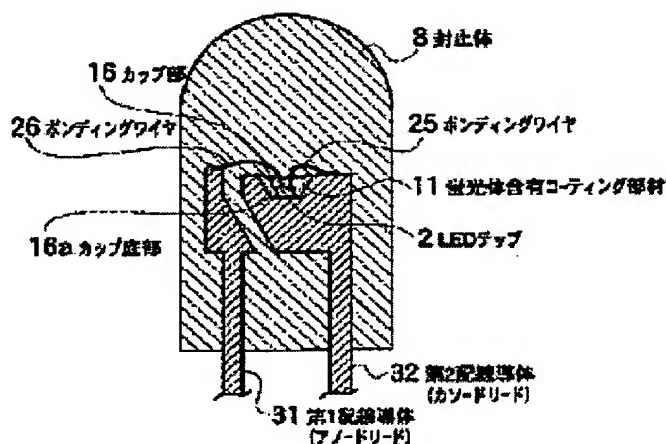
Patent number: JP2002118292
Publication date: 2002-04-19
Inventor: SANO TAKESHI
Applicant: SANKEN ELECTRIC CO LTD
Classification:
- **International:** H01L33/00; C09K11/08; C09K11/62; C09K11/80
- **European:**
Application number: JP20000311217 20001011
Priority number(s): JP20000311217 20001011

Report a data error here

Abstract of JP2002118292

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light-emitting device having the emission spectrum of three primary colors with emission peaks separated each other.

SOLUTION: There are provided an LED chip 2, and a phosphor which emits the light of second and third emission bands when excited with the light of first emission band projected from the LED chip 2. The phosphor is an Mn activation lanthanoid aluminate phosphor which is contained in a phosphor-contained coating member 11. Here, the light of the first emission band has a first emission peak PB in a blue region. The light of the second emission band has a second emission peak PG separated from the first emission peak PB in a green region, and the light of third emission band has a third emission peak PR separated from the second emission peak PG in a red region.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-118292
(P2002-118292A)

(43) 公開日 平成14年4月19日 (2002.4.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	N 4 H 0 0 1
C 0 9 K 11/08		C 0 9 K 11/08	J 5 F 0 4 1
			G
11/62	C Q F	11/62	C Q F
11/80	C P M	11/80	C P M
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 19 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-311217(P2000-311217)

(22) 出願日 平成12年10月11日 (2000. 10. 11)

(71) 出願人 000106276

サンケン電気株式会社

埼玉県新座市北野3丁目6番3号

(72) 発明者 佐野 武志

埼玉県新座市北野3丁目6番3号 サンケン電気株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外8名)

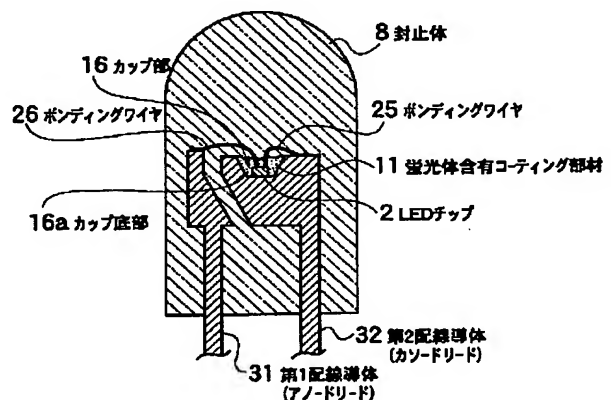
Fターム(参考) 4H001 XA08 XA13 XA17 XA57 XA58
YA25
5F041 AA14 CA04 CA33 CA34 CA40
DA07 DA18 DA20 DA43 DA44
DA45 DB01 DB09 EE25 FF01
FF11

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【要約】

【課題】 互いに分離した発光ピークを有した三原色の発光スペクトルを持つ半導体発光装置を提供する。

【解決手段】 LEDチップ2と、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。蛍光体は、Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体であり、蛍光体含有コーティング部材11に含まれている。ここで、第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピークP_Bを有する。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピークP_Bから分離した第2の発光ピークP_Gを有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピークP_Gから分離した第3の発光ピークP_Rを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 青色領域に第1の発光ピークを有する第1の発光バンドの光を発する半導体発光素子と、前記第1の発光バンドの光で励起されることにより、緑色領域において前記第1の発光ピークから分離した第2の発光ピークを有する第2の発光バンドの光、赤色領域において前記第2の発光ピークから分離した第3の発光ピークを有する第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とからなり、前記第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光することを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】 前記蛍光体は、マンガンで付括したランタノイド・アルミネート系蛍光体であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光装置。

【請求項3】 前記蛍光体は、化学式 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}:\text{Mn}^{2+}$ 若しくは $\text{La}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Mn}^{2+}$ で表されることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体発光装置。

【請求項4】 前記蛍光体は、化学式 $\text{La}_{1-x}\text{Al}_{11(2/3)+x}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ (但し $0.1 \leq x \leq 0.9$) で表されることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体発光装置。

【請求項5】 前記蛍光体は、化学式 $(\text{La}, \text{Ce})\text{Al}_{11}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ で表されることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体発光装置。

【請求項6】 前記蛍光体が化学式 $(\text{La}, \text{Ce})\text{MgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ で表されることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体発光装置。

【請求項7】 前記第1の発光ピークの波長は、 $420\text{nm} \sim 480\text{nm}$ であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【請求項8】 前記半導体発光素子は、窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体層を発光層として有することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【請求項9】 前記蛍光体は、コーティング部材に含有されていることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【請求項10】 前記コーティング部材は、前記半導体発光素子の周囲を被覆することを特徴とする請求項9記載の半導体発光装置。

【請求項11】 前記コーティング部材は、前記半導体発光素子の一方の主表面のみに接していることを特徴とする請求項9記載の半導体発光装置。

【請求項12】 前記コーティング部材は、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂からなるグループの内のいずれかから選ばれた光透過性を有する有機樹脂であることを特徴とする請求項9～11のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【請求項13】 前記コーティング部材は、金属アルコキシド、超微粒子状金属酸化物又はポリシラザン出発原料とした液状のセラミックコーティング剤を固化させた、メタロキサン結合 ($\text{M}-\text{O}-\text{M}$ 結合、 M : 金属) を主体とするポリメタロキサゲルよりなることを特徴とする請求項9～11のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【請求項14】 前記コーティング部材は、金属アルコキシドの官能基の一部を修飾して有機樹脂モノマを導入した複合体ポリマよりなることを特徴とする請求項9～11のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【請求項15】 前記蛍光体は、板状の蛍光体チップを構成しており、前記蛍光体チップが光透過性の接着剤を介して、前記半導体発光素子の一方の主表面に対向していることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体発光素子から照射される光を蛍光体によって波長変換して外部に放出する半導体発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図14に、「第1の従来技術」として、半導体発光素子2から照射される青色光の一部を、コーティング部材19に含まれる蛍光体によって帯域幅の広い黄色光に波長変換し、波長変換されなかった残りの青色光と蛍光体の黄色光とを混色して、白色系の光を外部に放出する半導体発光装置の断面図を示す(例えば特許第2927279号参照)。半導体発光素子2は、発光層を窒化ガリウム (GaN) 系化合物半導体とする青色発光ダイオード (LED) のチップ(以下において、「LEDチップ」と言う。)であり、第2配線導体32の頂部のカップ内に配置されている。LEDチップ2は、ボンディングワイヤ25、26を用いて、第1配線導体31及び第2配線導体32に電氣的に接続されている。

【0003】 コーティング部材19は、LEDチップ2からの出力光によって励起されて発光する蛍光体を含有する透明樹脂であり、第2配線導体32の頂部のカップ内に充填されている。更に、第1の従来技術に係る半導体発光装置は、コーティング部材19、LEDチップ2、ボンディングワイヤ25、26、第1配線導体31及び第2配線導体32の一部を被覆する封止体(モールド部材)8を有する。封止体8は、図14に示すように、レンズ効果のある砲弾型の形状に成形された透明樹脂である。この透明樹脂には、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン等が使用可能である。コーティング部材19は、この封止体8と同じ透明樹脂を用いることが可能である。コーティング部材19は、表面側からLEDチップ2側に、蛍光体の濃度が徐々に多くなるような分

布を有している。

【0004】LEDチップ2の発光スペクトルは、400nmから530nmに発光ピークのある単色性発光ピーク波長のものである。蛍光体は $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ である。但し、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。コーティング部材19に含まれる蛍光体は $(RE_{1-x}Sm_x)_3(Al_yGa_{1-y})_5O_{12}:Ce$ （以下において、「YAG:Ce系蛍光体」、若しくは「Ce付括YAG系蛍光体」と称する。）である。但し、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、REは、Y、Gdから選択される少なくとも一種である。図16に、YAG:Ce系蛍光体の励起光波長に対する相対励起効率を示す。

【0005】第1の従来技術に係る半導体発光装置は、旧来の管球式白色光源である白熱電球や熱陰極蛍光管、冷陰極蛍光管等と比べ、機械的衝撃に強い、発熱が少ない、高電圧が不要、高周波ノイズが出ない、水銀を使わず環境に優しいなどの優れた利点がある。しかしながら、第1の従来技術に係る半導体発光装置は、色純度が悪く鮮やかな色彩を表現できないという問題点を有していた。更に、赤色光成分が少ないために色調バランスの優れた表示が出来ない。また、YAG:Ce系蛍光体の発する黄色光が青色半導体発光素子の発する青色光と補色の関係にあるため、半導体発光装置より照射される光を人間が見続けると目が疲れてしまう。更に、半導体発光装置の放出する光が青色半導体発光素子の発する青色光とYAG:Ce系蛍光体の発する黄色光との2つの波長の光の混色によって合成されるため、合成可能な混色光の色度範囲が極めて狭く様々な色調の光を作り出すことが出来ないという問題点も有している。

【0006】この様な第1の従来技術の欠点を克服するために、紫外線を発する半導体発光素子（以下、紫外線発光素子）と、紫外線で励起され青色光を発する蛍光体、緑色光を発する蛍光体、赤色光を発する蛍光体の3種類の蛍光体とを組み合わせ、3種類の蛍光体からそれぞれ出力される青色光、緑色光、赤色光を混色して外部に放出する技術（以下、「第2の従来技術」と記す）が提案されている。図15に示した第2の従来技術に係る半導体発光装置は、紫外線発光素子2UVと、紫外線発光素子2UVの周囲を被覆する蛍光コーティング部材20とから構成されている。紫外線発光素子2UVは、第2配線導体32の一方の端部に形成されたカップ部16内に接着剤によって接着されている。紫外線発光素子2UVは、第1及び第2の電極を有している。紫外線発光素子2UVの第1の電極と、第1配線導体31の一方の端部とは、ボンディングワイヤ26で接続されている。また、紫外線発光素子2UVの第2の電極と、第2配線導体32の一方の端部とは、ボンディングワイヤ25で接続されている。更に、紫外線発光素子2UV、ボンデ

ィングワイヤ25、26、第1及び第2配線導体31、32の一方の端部及び蛍光コーティング部材20とを被覆するように、透明な封止体8により封止されている。

【0007】紫外線発光素子2UVは、GaN系化合物半導体層を有し、発光ピーク波長が365nm～400nm程度である。これらのGaN系化合物半導体層は、例えば、炭化珪素(SiC)若しくはサファイア(Al₂O₃)等の基板上に形成される。接着剤は金、銀等の微少な金属薄片を混合した一液性エポキシ樹脂等よりなる熱硬化性導電ペースト、若しくは、一液性エポキシ樹脂等よりなる熱硬化性有機樹脂に光透過性セラミック粉末を混合した光透過性ペーストである。封止体8は、光透過性を有するエポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂等の有機樹脂よりなり、ポッティング、射出成形等の方法によって形成される。蛍光コーティング部材20は、紫外線発光素子2UVから照射される紫外線によって励起され、青色光、緑色光、赤色光を発する3種の蛍光体が適量混合された透明な樹脂等から構成されている。

【0008】第2の従来技術を用いれば、第1の従来技術の多くの問題点が解決できる。即ち、

①紫外線で励起できる蛍光体の中から、それぞれ発光波長帯の異なった3種の蛍光体を選ぶことにより、3波長冷陰極蛍光管と同様な青色光、緑色光、赤色光の互いに分離した発光ピークを有する三原色の発光スペクトルを得ることが出来る。したがって第2の従来技術に係る半導体発光装置は、透過型カラー液晶表示装置のバックライト等にも好適に使用することが出来る。

【0009】②青色光、緑色光、赤色光の3種の蛍光体の配合比を調整することにより外部光と同様な表示画像の色調バランスが得られる。したがって第2の従来技術に係る半導体発光装置は、反射型カラー液晶表示装置の補助光源としても好適に使用することが出来る。

【0010】③青色光、緑色光、赤色光が互いに補色の関係にはないことから、目を長時間使う作業でも疲れな。したがって第2の従来技術に係る半導体発光装置は、一般の照明光源としても好適に使用することが出来る。

【0011】④青色光、緑色光、赤色光の混色が色度図上で非常に幅広い領域を占めるので、様々な色調の光を作り出すことが出来る。したがって第2の従来技術に係る半導体発光装置は、様々な色調と豊かな色彩表現が必要とされる用途にも好適に使用することが出来る。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】既に述べたように、第1の従来技術は以下のような問題点を有していた。

【0013】(a)第1の従来技術の第1の問題点は、バックライト白色光源に使用した場合、色純度が悪く鮮やかな色彩を表現できない点である。透過型カラー液晶表示装置では、通常、互いに分離した青・緑・赤の三原

色の発光スペクトルを持つ3波長冷陰極蛍光管がバックライトとして用いられる。図19に3波長冷陰極蛍光管の発光スペクトルの一例を示す。透過型カラー液晶表示装置のバックライトに3波長冷陰極蛍光管が用いられる理由は、透過型カラー液晶表示装置の各画素を構成する青・緑・赤の三原色のカラーフィルタの透過スペクトルがブロードなため、カラーフィルタの透過特性だけでは色純度の高い色彩表現が期待できないからである。図20にカラーフィルタの透過スペクトルの一例を示すが、かなり幅広い透過スペクトルを持っていることが分かる。したがって、透過型カラー液晶表示装置では、青・緑・赤の三原色の各画素における透過光のスペクトルは、實際上3波長冷陰極蛍光管の発光スペクトルで決定され、カラーフィルタは一つの画素の透過光スペクトル（例えば、赤）に他の二原色成分（例えば、緑と青）が混入しないよう大まかな範囲で遮光するだけの役割を持つに過ぎない。しかしながら、第1の従来技術に係る半導体発光装置は、図17に示されるようにYAG:Ce系蛍光体の発光スペクトルが非常に幅広いため、図18に示されるように非常に幅広い発光スペクトルを持つ光源とならざるを得ない。したがって、第1の従来技術に係る半導体発光装置を透過型カラー液晶表示装置に使用した場合、各画素の透過光スペクトルはカラーフィルタの透過スペクトルで決定する他はなく、この結果、色純度が悪く鮮やかな色彩が表現できない表示装置となってしまう。したがって、第1の従来技術に係る半導体発光装置は、透過型カラー液晶表示装置のバックライトには適さないことになる。

【0014】(b) 第1の従来技術の第2の問題点は、赤色光成分が少ないために色調バランスの優れた表示が出来ない点である。反射型カラー液晶表示装置は、最近の情報通信技術の進展に伴い、携帯電話やPHS、PDA、小型ノートパソコン等のモバイル機器に多用されつつある。反射型カラー液晶表示装置は、透過型カラー液晶表示装置と異なり、通常は、表示装置表面に照射された太陽光線等外部光の反射光を利用してカラー表示を行っている。しかしながら外部光の存在しない暗所では表示できないため、この様な場合に対応できるよう表示装置画面の内側面に白色系の光を発する補助光源（フロントライト）が設けられている。しかしながら、第1の従来技術に係る半導体発光装置を反射型カラー液晶表示装置の補助光源に用いた場合、図17に示されるようにYAG:Ce系蛍光体の発光スペクトルの赤色光成分が元々少ないため、図18に示されるように相対的に赤色光成分の少ない発光スペクトルを持つ光源とならざるを得ない。一般に反射型カラー液晶表示装置の色調バランスは、主要な外部光源である太陽光のスペクトルを基準にして設計されている。しかしながら、周知のごとく太陽光線のスペクトルは赤色成分を多く含むため、第1の従来技術に係る半導体発光装置を反射型カラー液晶表示装

置の補助光源に用いた場合、暗所等で補助光源を点灯させると赤色光成分が少ないために赤色系の色彩が暗く表示され、その結果、外部光と比べて表示画像全体の色調バランスがずれてしまう不具合が起こる。

【0015】(c) 更に、第1の従来技術の第3の問題点は、YAG:Ce系蛍光体の発する黄色光が青色半導体発光素子の発する青色光と補色の関係にあるため、半導体発光装置より照射される光を人間が見続けると目が疲れてしまう点である。大脳生理学上の研究によれば、例えば青色光と黄色光のように互いに補色の関係にある光を同時に見続けると人間の目は疲れてしまう。第1の従来技術は、ちょうど青色半導体発光素子より生じる青色光と蛍光体より生じる黄色光との混色によって外部に放出する光を作り出している。したがって、例えば一般の照明光源として半導体発光装置を用いた場合、その光で読書など目を長時間使う作業を行えば疲労することは明らかである。この問題は補色の関係にある二色の混色によって白色光を作る方式の発光装置である限り本質的に免れない欠点である。

【0016】(d) 更に、第1の従来技術の第4の問題点は、半導体発光装置の放出する光が青色半導体発光素子の発する青色光とYAG:Ce系蛍光体の発する黄色光との2つの波長の光の混色によって合成されるため、合成可能な混色光の色度範囲が極めて狭く様々な色調の光を作り出すことが出来ない点である。光学理論によれば、2つの波長の光（例えば光aと光b）を混色させた場合、色度図上における光aの色度座標を (x_a, y_a) 、光bの色度座標を (x_b, y_b) 、光aと光bの混色光の色度座標を (x_m, y_m) とすると、 (x_m, y_m) は (x_a, y_a) と (x_b, y_b) の二点を結んだ直線上で、且つ、光aの強さと光bの強さによって決まる点、即ち光aが強ければ (x_a, y_a) 寄りに、光bが強ければ (x_b, y_b) 寄りに位置する。図21に、第1の従来技術の混色のしくみを説明するための色度図を示す。第1の従来技術は、青色半導体発光素子の発する青色光とYAG:Ce系蛍光体の発する黄色光との2つの波長の光の混色によって外部に放出する光を作り出しているから、前述した2つの波長の光を混色させた場合の光学理論がそのまま適用できる。即ち、光aを青色半導体発光素子の発する青色光、光bをYAG:Ce系蛍光体の発する黄色光とすれば、第1の従来技術に係る半導体発光装置の放出する光は、青色半導体発光素子の発する青色光の色度座標とYAG:Ce系蛍光体の発する黄色光の色度座標とを結ぶ直線上でしか存在し得ない。したがって第1の従来技術は、このままでは極めて限られた色調の光しか作り出すことが出来ない訳である。この欠点を改善するために、一般にYAG:Ce系蛍光体の母材であるYAGに他の元素を添加して組成を変え発光波長をシフトすることが行われている。例えば、Gaを添加すると短波長側に、Gdを添加すると長

波長側にシフトできる。しかしながら、これらの元素をあまり高濃度に添加すると、Gaの場合は発光効率が低下し、またGdの場合は温度消光（温度上昇によって発光効率が低下する現象）が激しくなり、いずれの場合も蛍光体としての重要な特性が著しく劣化するので、実用上は限られた範囲でしか組成の調整を行うことは出来ない。図22の色度図に第1の従来技術に係る半導体発光装置の発光可能な色度範囲を示す。図22の色度図で、青色半導体発光素子の発光の色度座標を頂点として、実用上可能なYAG:Ce系蛍光体の色度座標を結んだ幅の狭い扇型の形状の内部が、半導体発光装置の発光可能な色度範囲である。この様に第1の従来技術は、色度全体の面積に比べて非常に狭い色度範囲の色調の光しか作り出すことが出来ない。したがって第1の従来技術は、例えばYAG:Ce系蛍光体の組成を調整したとしても極めて限られた色調の光しか作り出すことが出来ず、様々な色調の光が必要とされる用途には使用できなかった。

【0017】一方、第2の従来技術では、これらの第1の従来技術の問題点は解消するものの、第1の従来技術では問題にならなかった、以下のような新たな問題点が生じる。

【0018】(a) まず、新たな第1の問題点は、紫外線発光素子2UVの発する紫外線によって蛍光コーティング部材20や封止体8が劣化する点である。一般に蛍光コーティング部材20や封止体8には有機高分子化合物であるエポキシ樹脂等の透明な有機樹脂が用いられるが、これらの樹脂は紫外線の照射を受けると次第に有機高分子の結合が破壊され、その結果、樹脂の黄変や白濁等が引き起こされ光透過率が低下する。特にその構造中にベンゼン環を有するものは、紫外線発光素子2UVの発光波長である370nm～400nm近辺にその吸収域が存在するため劣化が非常に激しい。更に紫外線発光素子2UVは、第1の従来技術で用いられる青色半導体発光素子よりも順電圧が高い。例えば、発光波長が470nmの青色半導体発光素子が順電流20mAにおいて約3.5Vの順電圧であるのに対し、発光波長380nmの紫外線発光素子2UVは、同じ電流において約4.0Vの順電圧となる。したがって、同じ点灯電流を流した場合、紫外線発光素子は青色半導体発光素子よりも消費電力が大きくなり、それだけ発光素子の温度は上昇し、発光素子を包囲している蛍光コーティング部材20である樹脂の温度も上昇する。樹脂の温度が上昇すると有機高分子の結合が緩くなり分解されやすくなる。特に紫外線発光素子2UVと蛍光コーティング部材20との界面は、紫外線発光素子2UVから放射される紫外線の強度が大きく、加えて紫外線発光素子2UVの発熱による温度上昇も大きいことから、両者の相乗作用によって集中的に劣化が起きる。具体的には、比較的短時間の内に紫外線発光素子2UVとの界面の蛍光コーティング部材20が分解・剥離し、界面での光の全反射が増大する

ための紫外線発光素子2UVの光取り出し効率が低下する他、黄変・白濁等の発生により蛍光コーティング部材20界面の光透過率も低下する。また、蛍光コーティング部材20の分解によって生じるイオン性物質によって紫外線発光素子2UVの表面が汚染され、漏れ電流が増加するために発光に寄与する電流も減少する。更に比較的長時間経過すると、紫外線の作用によって蛍光コーティング部材20全体と封止体8も黄変し光透過率が低下するので半導体発光装置から放出される光は更に減少する。したがって紫外線発光素子2UVを用いた第2の従来技術に係る半導体発光装置では、通電を続けていると以上述べた各種の劣化原因によって半導体発光装置から外部に放出される光が次第に減少するという大きな問題があった。

【0019】(b) 第2の従来技術の第2の問題点は、第1の従来技術のように一種類の蛍光体ではなく、青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体が必要である点である。第2の従来技術に係る半導体発光装置を製造する場合、外部に放出される光が目的の色調になるようにするためには青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体を極めて正確に配合しなければならない。このため第1の従来技術に係る半導体発光装置と比べて作業工程が複雑になり製造費が増大する要因となる。また青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体の配合がバラつくことと製造ロット間、製品間での色調バラつきが生じ、製造歩留りが低下し製造費が増大するほか製品の品質が低下する。更に、青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体の比重が異なると蛍光コーティング部材20中で蛍光体の分布がバラつくため半導体発光装置の色調ムラや色調バラつきが起り、やはり製造歩留りが低下し製造費が増大するほか製品の品質が低下する。したがって紫外線発光素子2UVを用いた第2の従来技術では、安価で品質の優れた半導体発光装置とすることが極めて困難である。

【0020】(c) 更に、第2の従来技術の第3の問題点は、蛍光体の励起光である紫外線が半導体発光装置の外部に漏出しやすい点である。一般に紫外線は高いエネルギーを持っているため、樹脂等を劣化させるだけでなく生体細胞をも傷付け破壊するので、その強い照射を受けるのは人体にとっても良くない。例えば、周知のごとく太陽光線にも紫外線が含まれているが、その中の特に波長の短い紫外線によって「雪眼」と呼ばれる目の炎症から皮膚ガンの発生に至るまで、我々の身体に様々な障害が起る。第2の従来技術で使用されている紫外線発光素子2UVは、380nm程度の比較的エネルギーの小さい近紫外線ではあるが、前述したように樹脂を劣化させる事実があり、例えば、その光を長時間見続けた場合に眼球等に障害を与えない保証はない。しかも人間の視感度域下限の波長であるためほとんど眼に見えず強い照射を受けても感知することが出来ないから、その危険性はかなり高いと言わざるを得ない。第2の従来技術に

において紫外線発光素子2UVの紫外線が外部に漏出する原因は、蛍光体の粒子が蛍光コーティング部材20全体に充填しているのではなく、蛍光体粒子間に間隙が存在するためそこを通過して外に出て行く紫外線が存在するためである。したがって、これを防ぐには蛍光コーティング部材20に多量の蛍光体を配合し、蛍光コーティング部材20中の蛍光体濃度を極力高くすれば良いと考えられる。また、この様にするることによって、蛍光体で波長変換される光が増加し、半導体発光装置の可視光成分も増加するのではないかと考えられる。しかしながら、実際にこの様な配合にすると確かに漏出する紫外線は減少するものの、可視光成分もまた減少する。その要因は、蛍光体による光散乱が増加し蛍光コーティング部材20の光透過性が低下するためである。一般に蛍光体はその発光波長域で必ずしも光透過性が高いものばかりであるとは言えない。加えて屈折率が比較的高いものが多いため、屈折率の低い蛍光コーティング部材20との界面において乱反射を起こしやすい。したがって、蛍光コーティング部材20中の蛍光体濃度が比較的低い状態では、濃度を高くして行くことと確かに可視光成分は増加して行くが、ある蛍光体濃度を頂点としてそれ以上濃度を上げると可視光成分は反対に減少して行く。即ち、可視光成分の量に着目すると、蛍光体濃度の最適値がある。加えて、蛍光コーティング部材20中に多量に蛍光体を混合すると、蛍光コーティング部材20の流動性が極端に低下し、半導体発光素子の周囲に注入すること自体が不可能になる。したがって、第2の従来技術では、明るさを優先すると紫外線の漏出が発生し、紫外線の漏出を押さえると明るさが低下するという互いに相反する関係があるため、安全で明るい半導体発光装置を得ることが出来ない。なお、紫外線の漏出を押さええる別法として、封止体8中に紫外線吸収剤を添加する方法も考えられるが、余分な材料と工程が増え製造費が増大する他、耐湿性など封止体8の特性にも良い影響を与えず、また本来可視光成分の生成に寄与すべき紫外線成分をわざと捨ててしまうことから、実用上優れた解決策ではないことは言うまでもない。

【0021】以上述べたように、第1の従来技術に係る半導体発光装置は、旧来の管球式光源に比べ、様々な利点を持つにも拘わらず、それに用いられるYAG:Ce系蛍光体の発光スペクトルから生じる制約のために、透過型カラー液晶表示装置、反射型液晶表示装置、一般照明光源等今後大きな進展が期待される分野の光源に好適に使用することが出来ない性能上の問題があった。

【0022】また第2の従来技術に係る半導体発光装置では、紫外線を用いているために、透過型カラー液晶表示装置、反射型液晶表示装置、一般照明光源等の分野の光源に対し、安全性や信頼性において問題があり、更に、3種の蛍光体を正確に配合する必要性のために生産コストも高くなるという問題があった。

【0023】上記問題点を鑑み、本発明は、3波長冷陰極蛍光管と同様な青色光、緑色光、赤色光の、互いに分離したシャープな三原色の発光スペクトルを持ち、且つ、そのスペクトルは透過型カラー液晶表示装置のカラーフィルタの透過スペクトルとも良く一致した半導体発光装置を提供することを目的とする。

【0024】本発明の他の目的は、蛍光体の緑色光と赤色光の成分比を自由に調整することが出来、LEDチップの青色光と蛍光体の発光との成分比も自由に調整でき、外部光と同様な表示画像の色調バランスが得られる半導体発光装置を提供することである。

【0025】本発明の更に他の目的は、人間の生理に合致し、目を長時間使う作業に用いても目が疲れず、一般の照明光源としても好適に使用することが出来る半導体発光装置を提供することである。

【0026】本発明の更に他の目的は、極めて広い色度範囲の様々な色調の光を作り出すことが可能な半導体発光装置を提供することである。

【0027】本発明の更に他の目的は、コーティング部材や封止体等の劣化が少なく、高い信頼性を有した半導体発光装置を提供することである。

【0028】本発明の更に他の目的は、構造が簡単で、安価で量産性に優れた半導体発光装置を提供することである。

【0029】本発明の更に他の目的は、製造が容易で、色調ムラや色調バラつきが少ない半導体発光装置を提供することである。

【0030】本発明の更に他の目的は、紫外線の漏出がなく、安全で明るい光が得られる半導体発光装置を提供することである。

【0031】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、第1の発光バンドの光を発する半導体発光素子と、この第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とからなる半導体発光装置であることを要旨とする。そして、本発明の半導体発光装置は、互いに分離した発光ピークを有する第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光する。ここで、第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピークを有する。例えば、第1の発光ピークの波長は、420nm～480nmの青色領域にあれば良い。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピークから分離した第2の発光ピークを有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピークから分離した第3の発光ピークを有する。即ち、本発明の半導体発光装置によれば、3波長冷陰極蛍光管と同様な青色光、緑色光、赤色光の、互いに分離した3つの発光ピークからなる三原色スペクトルの光を発光することが出来る。この3つの発光ピークからなる三原色スペクトルは、図20に示した透過型カラ

一液晶表示装置のカラーフィルタの透過スペクトルとも良く一致している。

【0032】本発明の半導体発光装置の蛍光体は、マンガン(Mn)で付括したランタノイド・アルミネート系蛍光体(以下において「Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体」と言う。)であることが好ましい。このMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体としては、化学式 $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}:\text{Mn}^{2+}$ 若しくは $\text{La}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Mn}^{2+}$ で表される蛍光体が好適である。或いは、化学式 $\text{La}_{1-x}\text{Al}_{11(2/3)+x}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}_x$ (但し $0.1 \leq x \leq 0.99$)で表される蛍光体でも良い。更に、化学式 $(\text{La}, \text{Ce})\text{Al}_{11}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ 、 $(\text{La}, \text{Ce})\text{MgAl}_{11}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}$ 等で表される蛍光体でも良い。これらのMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体は、Mn濃度を調整することによって緑色光と赤色光の成分比を自由に調整することが出来る。この様に、Mn濃度を調整することによって半導体発光素子の青色光と蛍光体の緑色光・赤色光とのバランスを自由に調整することが出来るから、半導体発光装置より外部に放出される混色光を白色系の光とすることが可能である。したがって本発明の半導体発光装置は、透過型カラー液晶表示装置のバックライト等にも好適に使用することが出来る。更に、蛍光体の配合比を調整すれば、外部光と同様な表示画像の色調バランスが得られる。Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体の発光スペクトルは、深赤色領域にも広がったスペクトルを持っているため、Mn濃度を調整することによって緑色光と赤色光の成分比を自由に調整することが出来る。即ち、本発明の半導体発光装置は、太陽光等外部光源と同様な色調バランスを持つ半導体発光装置とすることが出来る。したがって本発明の半導体発光装置は、反射型カラー液晶表示装置の補助光源としても好適に使用することが出来る。

【0033】また、本発明の半導体発光装置の発光スペクトルは、青色光、緑色光、赤色光によって構成され、互いに補色の関係にないから、目を長時間使う作業に用いても目が疲れない。したがって一般の照明光源としても好適に使用することが出来る。

【0034】更に、放出される光が青色光、緑色光、赤色光によって構成され、これらの混色光は色度図上で非常に幅広い領域を占めるので、様々な色調の豊かな色彩表現が必要とされる用途にも好適に使用することが出来る。

【0035】更に、本発明の半導体発光装置は、その発光成分に紫外線が全く含まれないから、発光素子を封止するコーティング部材や封止体が紫外線によって劣化することはない。したがって本発明の半導体発光装置は、高い信頼性が求められる用途にも好適に使用することが出来る。また、発光成分に紫外線が全く含まれないから、眼球等に障害を与える恐れはないので、一般照明等

の用途にも安心して使用することが出来る。

【0036】また、半導体発光素子と一種類の蛍光体との組み合わせという簡単な構造のため、安価で量産性に優れている。半導体発光素子としては、GaN系化合物半導体層を発光層とする青色半導体発光素子が好ましい。「発光層」は、n型クラッド層、活性層、p型クラッド層等からなるダブルヘテロ(DH)構造で構成しても良い。そして、蛍光体は、コーティング部材に含有しておけば良い。即ち、蛍光体を含有したコーティング部材を、半導体発光素子の周囲を被覆するように配置、或いは、半導体発光素子の一方の主表面のみに接するように配置しておけば、半導体発光素子の出力光により、蛍光体を励起できる。蛍光体を含有するコーティング部材としては、エポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂等の光透過性を有する有機樹脂が使用可能である。また、コーティング部材は、金属アルコキシド、超微粒子状金属酸化物又はポリシラザンを出発原料とした液状のセラミックコーティング剤を固化させた、メタロキサン結合(M-O-M結合、M:金属)を主体とするポリメタロキサゲルでも良い。更に、コーティング部材を、金属アルコキシドの官能基の一部を修飾して有機樹脂モノマを導入した無機・有機複合体ポリマより構成しても良い。また、板状の蛍光体チップを構成すべく、樹脂、低融点ガラス、セラミックコーティング剤等のコーティング部材に蛍光体粉末を混合・固化して形成し、この板状の蛍光体チップを光透過性の接着剤を介して、半導体発光素子の一方の主表面に対向させても良い。また、蛍光体チップは、蛍光体の単結晶又は焼結体であっても良い。このような半導体発光素子と一種類の蛍光体とコーティング部材との組み合わせからなる簡単な構造により、本発明の半導体発光装置は、様々な用途に手軽に使用することが出来る。

【0037】特に、本発明は、一種類の蛍光体を用いるだけで良いため、製造が容易であり色調ムラや色調バラつきが少ない(第2の従来技術においては、目的の色調を得るためには青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体を極めて正確に配合しなければならない不都合があったことに留意されたい。)。即ち、一種類の蛍光体で良いので、複数の蛍光体を所定の配合比で複雑に配合することは不必要で、作業工程が簡単になり製造コストを下げることが出来る。また、蛍光体の配合のバラつきによる製造ロット間、製品間での色調バラつきの問題もない。更に、青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体の比重が異なることに起因したコーティング部材中での蛍光体の分布がバラつくことによる色調ムラや色調バラつきの問題もない。このため、本発明の半導体発光装置の製造歩留りが向上し製造コストが低下し、更に製品の品質も向上する。したがって安価で品質の優れた半導体発光装置を提供することが容易になる。また、高い表示品質が求めら

れる用途にも好適に使用することが出来る。

【0038】加えて本発明の半導体発光装置は、旧来の管球式白色光源である白熱電球や熱陰極蛍光管、3波長冷陰極蛍光管等と比べ、機械的衝撃に強い、発熱が少ない、高電圧が不要、高周波ノイズが出ない、水銀を使わずに環境に優しいなどの優れた利点を併せ持つので、本格的な次世代固体化白色光源として大いに期待できるものである。

【0039】

【発明の実施の形態】次に、図面を参照して、本発明の第1乃至第7の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参酌して判断すべきものである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0040】（第1の実施形態）本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光装置は、図1に示すように、半導体発光素子としてのLEDチップ2と、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。第1の実施の形態においては、蛍光体は、蛍光体含有コーティング部材11に含まれ、この蛍光体含有コーティング部材11は、LEDチップ2の周囲を被覆している。

【0041】更に、第1の実施の形態に係る半導体発光装置は、第1配線導体（アノードリード）31及び第2配線導体（カソードリード）32を有し、第2配線導体32の一方の端部には、カップ部16が形成されている。第1及び第2配線導体31、32は、金属板材、例えばアルミニウム（Al）、銅（Cu）、Cu-Fe、Cu-Cr、Cu-Ni-Si、Cu-Sn等の銅合金、Ni-Fe、Fe-Ni-Co等のニッケル・鉄合金、或いは銅とステンレスの複合材料等を用いることが可能である。さらに、これらの金属にニッケル（Ni）メッキ、金（Au）メッキ、或いは銀（Ag）メッキ等を施したものなどから構成しても良い。そして、このカップ部16内に、青色半導体発光素子（LEDチップ）2が接着剤（図示省略）によって接着されている。青色半導体発光素子（LEDチップ）2は、図示を省略したアノード電極及びカソード電極が表面に形成されている。このLEDチップ2のアノード電極と第1配線導体31の一方の端部（頂部）とは、ボンディングワイヤ26で接続されている。同様に、カソード電極と第2配線導体32の一方の端部とは、ボンディングワイヤ26により接続されている。更に、LEDチップ2、ボンディングワイヤ25、26、第1及び第2配線導体31、32の一部及び蛍光体含有コーティング部材11を、砲弾

型形状の透明な封止体8が被覆している。なお、第1配線導体31をカソードリード、第2配線導体32をアノードリードとし、それぞれ、対応するカソード電極及びアノード電極にボンディングワイヤで接続してもかまわない。

【0042】半導体発光素子としてのLEDチップ2としては、Ga₂N、InGa₂N、InGaAlN等のGa₂N系化合物半導体層を発光層として有する青色LEDチップ2が好適である。この青色LEDチップ2は、発光ピーク波長（第1の発光ピーク）が420nm～480nm程度である。一般に、これらのGa₂N系化合物半導体層は、SiC、サファイア等の導電性若しくは絶縁性の基板上に、エピタキシャル成長によって形成されている。

【0043】ボンディングワイヤ25、26は、金（Au）、銀（Ag）、アルミニウム（Al）、銅（Cu）等からなる金属細線である。LEDチップ2をカップ底部16aに接着する接着剤（図示省略）は金、銀等の微量な金属薄片を混合した一液性エポキシ樹脂等よりなる熱硬化性導電ペースト、若しくは、一液性エポキシ樹脂等よりなる熱硬化性有機樹脂に光透過性セラミック粉末を混合した光透過性ペースト、若しくは金属アルコキシド又は超微粒子金属酸化物を出発原料とした光透過性無機系接着剤である。

【0044】封止体8は、光透過性を有するエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコン樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂等の有機樹脂、若しくは金属アルコキシドの官能基の一部を修飾して有機樹脂モノマーを導入した無機・有機複合体ポリマーよりなり、ポッティング、射出成形等の方法によって形成される。

【0045】蛍光体含有コーティング部材11は、LEDチップ2から照射される青色光（第1の発光バンドの光）によって励起され、互いに分離した発光ピークを有する緑色光（第2の発光バンドの光）及び赤色光（第3の発光バンドの光）を発する蛍光体を含み、且つ可視光域において透明な樹脂、著しくはメタロキサン結合（M-O-M結合、M：金属）を主体とする液状セラミックコーティング剤を固化させたポリメタロキサゲルから構成されている。蛍光体は、マンガン（Mn）で付括したランタノイド・アルミネート系蛍光体の一つである、化学式LaAl₃O₁₈：Mn²⁺若しくはLa₂O₃・11Al₂O₃：Mn²⁺で表されるランタン（La）アルミネート蛍光体である。蛍光体に関しては、従来より同系の蛍光体として、Mn²⁺とEu²⁺の共付括による紫外線励起の蛍光体であるLa₂O₃・11Al₂O₃：Eu²⁺・Mn²⁺が知られている。この蛍光体は、紫外光によって励起されたEu²⁺よりエネルギーを受け取ったMn²⁺が発光する発光機構を有する。しかしながら本発明の発明者は、この蛍光体のEuを含まない組成、即ちLa₂O₃・11Al₂O₃：Mn²⁺が青色光で効率良く励

起され、且つ、Mnの添加量を調整することによって、図3に示すような互いに分離した発光ピーク P_G 、 P_R を有する緑色と赤色の2つの発光バンドを持つことに着目した。

【0046】Laアルミネート蛍光体の付括材として用いられる2価のマンガン・イオン(Mn^{2+})は、その発光波長が母材の結晶場の大きさに敏感なため、母材中に異なる Mn^{2+} 位置があると複数の発光バンドが生じる。Laアルミネートはスピネル構造を持つ母材であるが、その中で Mn^{2+} は4配位と6配位を占め、図3に示すように、それぞれ517nmを発光ピーク P_G とする緑色の発光バンド(第2の発光バンド)と690nmを発光ピーク P_R とする赤色の発光バンド(第3の発光バンド)とを生じる。図2にMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体の励起波長と、相対励起効率の関係を示す。図2の実線は、赤色発光の励起スペクトルで、破線は、緑色発光の励起スペクトルである。Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体は、450nmを中心とする青色領域で効率良く励起されることが分かる。

【0047】図3に示すMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体の緑色の発光バンドと赤色の発光バンドの割合は、Mnの添加量によって定まる。図5にMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体のMn添加量と発光色の関係を示す。Mnの添加量が少ない場合は緑色の発光バンドのみが現れるが、添加量を増加して行くと赤色の発光バンドが現れ、更に添加量を増して行くと赤色の発光バンドのみに変わる。したがってMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体はMnの添加量を調整することによって緑色から赤色に至る広い範囲で自由に発光色を変えることが出来る。

【0048】したがって、青色半導体発光素子の発光スペクトルとMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体からの発光スペクトルとを組み合わせれば、図4に示すような三原色に対応した3つの発光ピーク P_B 、 P_G 、 P_R を有するスペクトルが得られる。即ち、青色半導体発光素子の青色光(第1の発光バンドの光)の一部によりMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体が励起されて図3に示すような緑色光(第2の発光バンドの光)と赤色光(第3の発光バンドの光)の2つの発光ピーク P_G 、 P_R を有するスペクトルが得られ、これと波長変換されなかった元の青色光とのスペクトル合成により、互いに離散した青色光・緑色光・赤色光の三原色の光を発する半導体発光装置を実現することが出来る。この3つの発光バンドより構成された発光スペクトルは、図18に示す第1の従来技術の発光スペクトルと異なり、図19に示す3波長冷陰極蛍光管の発光スペクトルと類似のスペクトルを持つ。また図4に示す3つの発光バンドより構成された発光スペクトルは、図20に示す透過型カラー液晶表示装置のカラーフィルタの透過スペクトルとも良く一致している。

【0049】Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体は、例えば次のようにして製造される。

【0050】(イ)まず、原料である La_2O_3 、 Al_2O_3 、 MnF_2 を目的の化学量論比に従って秤量し、これに適量のフラックス(融剤)を加えてボールミルを用いてエタノール中で混合してから濾過・乾燥を行う。

【0051】(ロ)次に、乾燥した原料を高純度アルミナ坩堝に投入し、5%の水素を混合した弱還元性の窒素雰囲気中で1200℃、2時間、仮焼を行う。

【0052】(ハ)仮焼終了後、一旦室温まで冷却し、焼結体を粉碎した後、再度高純度アルミナ坩堝に投入して、前述の雰囲気中で1400℃、3～15時間、本焼を行い目的の蛍光体を得る。

【0053】なお、Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体は本発明に用いられる蛍光体の一例であって、本発明に用いられる蛍光体の母材はこれに限らない。本発明に用いられる蛍光体母材の総称であるランタノイド・アルミネートは、ランタノイド元素のアルミン酸塩、即ち、ランタノイド元素とアルミニウムの酸化化合物である。いわゆる希土類元素として知られているランタノイド元素には、La(ランタン)、Ce(セリウム)、Pr(プラセオジウム)、Nd(ネオジウム)、Pm(プロメチウム)、Sm(サマリウム)、Eu(ユーロピウム)、Gd(ガドリニウム)、Tb(テルビウム)、Dy(ディスプロシウム)、Ho(ホルミウム)、Er(エルビウム)、Tm(ツリウム)、Yb(イッテルビウム)、Lu(ルテチウム)が含まれる。

【0054】Mn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体は、図5に示すようにMn濃度を調整することによって緑色光と赤色光の成分比を自由に調整することが出来る。また、図6の色度図から分かるように、蛍光体のMn濃度を調整して、色度座標を移動することにより、LEDチップ2からの青色光(第1の発光バンドの光)と蛍光体からの緑色光(第2の発光バンドの光)・赤色光(第3の発光バンドの光)とのバランスを自由に調整することが出来るから、半導体発光装置より外部に放出される混色光を白色系の種々の光とすることが可能である。したがって本発明の半導体発光装置は、透過型カラー液晶表示装置のバックライト等にも好適に使用することが出来る。透過型カラー液晶表示装置のバックライトに使用する白色光を得るためには、蛍光体 $La_{1-x}Al_{11}O_{19} : Mn^{2+}_x$ のMn濃度 x を、例えば $0.41 \leq x \leq 0.68$ となるように調整することが好ましい。

【0055】本発明に用いられるMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体の発光スペクトルは、図17に示す第1の従来技術に用いられるCe付括YAG蛍光体の発光スペクトルと異なり、図3に示すように深赤色領域にも広がったスペクトルを持っている。加えてMn付括ランタノイド・アルミネート蛍光体は、図5に示すようにMn濃度を調整することによって緑色光と赤色光の成

分比を自由に調整することが出来る。このため、太陽光等外部光源と同様な色調バランスを持つ半導体発光装置とすることが出来る。したがって本発明の半導体発光装置は、反射型カラー液晶表示装置の補助光源としても好適に使用することが出来る。反射型カラー液晶表示装置の補助光源に好適な色調バランスを得るためには、蛍光体 $\text{La}_{1-x}\text{Al}_{11}\text{O}_{19}:\text{Mn}^{2+}_x$ の Mn 濃度 x を、例えば $0.42 \leq x \leq 0.69$ となるように調整することが好ましい。

【0056】本発明の半導体発光装置の発光スペクトルは、図18に示す第1の従来技術の発光スペクトルと異なり、図4に示すように青色光、緑色光、赤色光によって構成されている。これらの光は互いに補色の関係にないから、半導体発光装置の出力光を目を長時間使う作業に用いても目が疲れない。したがって本発明の半導体発光装置は、一般の照明光源としても好適に使用することが出来る。

【0057】本発明の半導体発光装置では、放出される光が青色光、緑色光、赤色光の3つの発光バンドによって発光スペクトルが構成され、これらの混色光は色度図上で非常に幅広い領域を占める。図7の色度図に本発明の半導体発光装置の発光可能な色度範囲を示す。図22の色度図に示す第1の従来技術の発光可能な色度範囲と比べ、本発明の半導体発光装置の発光可能な色度範囲が非常に幅広いことが分かる。したがって第1の実施の形態に係る半導体発光装置は、色調の豊かな様々な色彩表現が必要とされる用途にも好適に使用することが出来る。

【0058】本発明の半導体発光装置は、紫外線発光素子 2UV を用いる第2の従来技術と異なり、発光ピーク波長（第1の発光ピーク）が $420\text{nm} \sim 480\text{nm}$ 程度の青色 LED チップ 2 を用いている。つまり、可視光である青色光で蛍光体を励起し、且つ青色光よりも長波長の緑色光と赤色光を生成する。つまり、その発光成分に紫外線が全く含まれないから、発光素子を封止するコーティング部材 19 や封止体 8 が紫外線によって劣化することはない。したがって第1の実施の形態に係る半導体発光装置は、高い信頼性が求められる用途にも好適に使用することが出来る。また、発光成分に紫外線が全く含まれないから、眼球等に障害を与える恐れはない。したがって第1の実施の形態に係る半導体発光装置は、一般照明等の用途にも安心して使用することが出来る。

【0059】更に、第2の従来技術と異なり、青色 LED チップ 2 により種類の蛍光体を励起する構成のため、青色、緑色、赤色の3種類の蛍光体を極めて正確に配合する必要はない。このため、安価で量産性に優れ、様々な用途に手軽に使用することが出来る。特に、種類の蛍光体のみを用いているので、蛍光体の配合や分布に起因した色調ムラや色調バラつきが少なく、高い表示品質が求められる用途にも好適に使用することが出来る。

る。

【0060】（第2の実施の形態）本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光装置は、図8に示すように、半導体発光素子としての LED チップ 2 と、LED チップ 2 から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。第2の実施の形態においては、蛍光体は、蛍光体含有コーティング部材 10 に含まれている。即ち、この蛍光体含有コーティング部材 10 は、LED チップ 2 から照射される光に対して光透過性を有する Mn 付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体が混合されている。

【0061】更に、図8に示すように、第2の実施の形態に係る半導体発光装置は、第1配線導体（アノードリード）31及び第2配線導体（カソードリード）32を有し、第2配線導体 32 の一方の端部には、カップ部 16 が形成されている。LED チップ 2 は、カップ部 16 の底部のカップ底部 16a に蛍光体含有コーティング部材 10 を介して接着されている。カップ底部 16a に塗布される蛍光体含有コーティング部材 10 の厚さとしては、例えば、 $10\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 程度が好ましい。この LED チップ 2 の上面には、アノード電極 2b 及びカソード電極 2a が形成されている。アノード電極 2b と第1配線導体 31 とは、ボンディングワイヤ 26 により、電気的に接続されている。一方、カソード電極 2a と第2配線導体 32 とは、ボンディングワイヤ 25 により、電気的に接続されている。

【0062】なお、詳細な構造の図示を省略しているが、LED チップ 2 はサファイア基板の上に、バッファ層、n 型クラッド層、活性層、p 型クラッド層が順に堆積された構造を有している。そして、上から p 型クラッド層、活性層、更には n 型クラッド層の一部がエッチング除去されて凹部（切り欠き部）が形成され、この凹部の底面に露出した n 型クラッド層に対して、カソード電極 2a が形成され、最上層の p 型クラッド層に対してアノード電極 2b が形成されている。カソード電極 2a は、n 型クラッド層に対して低抵抗性オーミック接触する金属薄膜、例えば、チタン (Ti)、金 (Au) を積層した 2 層構造が採用されている。一方、アノード電極 2b としては、p 型クラッド層に対して低抵抗性オーミック接触する金属薄膜、例えば、ニッケル (Ni)、金 (Au) が堆積された 2 層構造が採用されている。p 型クラッド層への低抵抗性オーミック接触する金属薄膜としては、Ni/Au の積層構造のほかに、パラジウム (Pd)、Ti、白金 (Pt)、インジウム (In) の単層、あるいは Ni や Au を含めた積層構造、合金でも可能である。なお、最上層の p 型クラッド層の上には、アノード電極として、透明電極層を形成し、透明電極層の周辺部に額縁状の Ni/Au 膜、Al 膜等のアノード電極ボンディングパッド部を形成しても良い。具体的に

は、ITO（インジウム・ティン・オキサイド）と称せられる錫（Sn）添加した酸化インジウム膜、酸化錫（ SnO_2 ）膜のような金属の酸素膜若しくは、Au膜等の金属を5nm程度に十分薄く形成して透明電極として使用できる。n型クラッド層への低抵抗性オーミック接触する金属薄膜としては、Ti、Auのほか、Al、Inの単層、あるいはTiやAuを含めた積層構造や合金も可能である。図8では、あたかも、アノード電極2b及びカソード電極2aが同一水平レベルに存在するように模式的に表現しているが、実際には、カソード電極2aは凹部の底面に形成されている。

【0063】本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光装置では、LEDチップ2から下方に出射された青色光（第1の発光バンドの光）の一部は、蛍光体含有コーティング部材10によって波長変換され、第2及び第3の発光バンドの光になる。第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピーク P_B を有する。例えば、第1の発光ピーク P_B の波長は、420nm～480nmの青色領域にある。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピーク P_B から分離した第2の発光ピーク P_G を有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピーク P_G から分離した第3の発光ピーク P_R を有する。即ち、蛍光体含有コーティング部材10は、LEDチップ2から照射される青色光（第1の発光バンドの光）を吸収して互いに分離した緑色光（第2の発光バンドの光）及び赤色光（第3の発光バンドの光）を発する。この第1、第2及び第3の発光バンドの光は、それぞれ鏡面に仕上げられたカップ底部16aにより上方に反射される。そして、波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）と第2及び第3の発光バンドの光とが混色されて外部に放出される。カップ底部16aにおける反射率を向上させるためには、カップ底部16aの表面は、Ni/Agメッキ等の処理を施しておくことが好ましい。この結果、第2の実施の形態に係る半導体発光装置は、図4と同様な互いに分離した発光ピーク P_B 、 P_G 、 P_R を有する第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光する。なお、特に図示しないが、LEDチップ2と蛍光体含有コーティング部材10とを被覆する形でシリカ粉末等の光散乱材を混合した被覆体をカップ内に形成しても良い。更に、光透過性の封止体により、LEDチップ2、ボンディングワイヤ25、26及び第1及び第2配線導体31、32の端部を被覆するようにしても良い。この様にすればLEDチップ2から出射された青色光が、被覆体内の光散乱材によって効率良く蛍光体含有コーティング部材10に当たり、蛍光体含有コーティング部材10による波長変換の割合が高まるとともに、蛍光体含有コーティング部材10によって波長変換された光（第2及び第3の発光バンドの光）と波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）とがムラなく混色され

るため、半導体発光装置の外部に放出される光の指向角方向における色調ムラが防止される。指向角は、封止体の頂部の曲率半径で決めることが可能である。なお、指向角がブロードであっても良い場合には、封止体にも光散乱材を混合しても良い。

【0064】（第3の実施の形態）本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光装置は、図9に示すように、半導体発光素子としてのLEDチップ2と、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。但し、蛍光体は、蛍光体含有コーティング部材10に含まれている。即ち、この蛍光体含有コーティング部材10は、LEDチップ2から照射される光に対して光透過性を有するMn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体が混合されている。

【0065】更に、図9に示すように、第3の実施の形態に係る半導体発光装置は、絶縁性基板17を用いて構成され、この絶縁性基板17の一方の主面にカップ部16が形成されている。このカップ部16の底部のカップ底部16aから絶縁性基板17の他方の主面向かい、互いに反対方向に外側に延びる第1及び第2配線導体34、33とを形成されている。LEDチップ2は、カップ底部16aにおいて、第2配線導体33の端部の表面に蛍光体含有コーティング部材10を介して接着されている。なお、蛍光体含有コーティング部材10は、カップ部16の内面の全体に設けても良い。このLEDチップ2の上面には、アノード電極2b及びカソード電極2aが形成されている。アノード電極2bと第1配線導体34とは、ボンディングワイヤ26により、電気的に接続されている。一方、カソード電極2aと第2配線導体33とは、ボンディングワイヤ25により電気的に接続されている。そして、LEDチップ2と蛍光体含有コーティング部材10とを包囲する形でシリカ粉末等の光散乱材を混合した封止体8が配置されている。なお、封止体8に光散乱材を混合せずに、光散乱材を混合した被覆体を用いても良い。即ち、カップ部16の内部に、コーティング部材10とLEDチップ2とを被覆するように、光散乱材を混合した被覆体を充填しても良い。

【0066】本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光装置では、LEDチップ2から下方に出射された青色光（第1の発光バンドの光）の一部は、蛍光体含有コーティング部材10によって波長変換され、第2及び第3の発光バンドの光になる。第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピーク P_B を有する。例えば、第1の発光ピーク P_B の波長は、420nm～480nmの青色領域にある。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピーク P_B から分離した第2の発光ピーク P_G を有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピーク P_G から分離した第3の発光ピーク P_R を有する。そして、第1、第2及び第3の発光

バンドの光は、それぞれ、鏡面に仕上げられた第2配線導体33の端部の表面により上方に反射され、再びLEDチップ2の内部を透過する。このため、波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）と第1、第2及び第3の発光バンドの光とが混色されて外部に放出される。第2配線導体33の端部の表面における反射率を向上させるためには、第2配線導体33の端部の表面は、Ni/Auメッキ、或いはNi/Agメッキ等の処理を施しておくことが好ましい。この結果、第3の実施の形態に係る半導体発光装置は、図4と同様な互いに分離した発光ピークPB、PG、PRを有する第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光する。

【0067】本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光装置は、本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光装置を、表面実装用の半導体発光装置の形態に変更したものであり、他の構造や発光の動作原理等は本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光装置と同じであり、重複した説明を省略する。

【0068】（第4の実施の形態）本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置は、図10に示すように、半導体発光素子としてのLEDチップ2と、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。但し、蛍光体は、板状の蛍光体チップ12に含まれている。即ち、この板状の蛍光体チップ12は、LEDチップ2から照射される光に対して光透過性を有するMn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体が混合されている。板状の蛍光体チップ12は、Mn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体の単結晶、多結晶、焼結体、又は蛍光体の粉末を樹脂、低融点ガラス、セラミックコーティング剤等のコーティング部材に混合・固化して形成された複合固化体等である。蛍光体チップ12の厚さは、例えば10μm～100μm程度が好ましい。

【0069】更に、図10に示すように、第4の実施の形態に係る半導体発光装置は、第1配線導体（アノードリード）31及び第2配線導体（カソードリード）32を有し、第2配線導体32の一方の端部には、カップ部16が形成されている。板状の蛍光体チップ12は、カップ部16の底部のカップ底部16aに光透過性又は光反射性の第1接着剤13を介して接着されている。そして、LEDチップ2は、板状の蛍光体チップ12の上部に光透過性の第2接着剤15を介して接着されている。このLEDチップ2の上面には、図示を省略したアノード電極及びカソード電極が形成されている。アノード電極と第1配線導体31とは、ボンディングワイヤ26により、カソード電極と第2配線導体32とは、ボンディングワイヤ25により電気的に接続されている。また、LEDチップ2、ボンディングワイヤ25、26及び第

1及び第2配線導体31、32の端部を被覆するように砲弾型に成形された光透過性の封止体8とを備えている。

【0070】本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置では、LEDチップ2から下方に出射された青色光（第1の発光バンドの光）の一部は板状の蛍光体チップ12によって波長変換され、第2及び第3の発光バンドの光になる。これらの第1、第2及び第3の発光バンドの光は、それぞれ、鏡面に仕上げられたカップ底部16aの表面において上方に反射され、再びLEDチップ2の内部を透過する。そして、波長変換された光（第2及び第3の発光バンドの光）と波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）とが、混色されて外部に放出される。鏡面に仕上げられたカップ底部16aの表面においては、波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）も反射され、再びLEDチップ2の内部を透過し、波長変換された光（第2及び第3の発光バンドの光）と混色されて外部に放出される。第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピークPBを有する。例えば、第1の発光ピークPBの波長は、420nm～480nmの青色領域にある。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピークPBから分離した第2の発光ピークPGを有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピークPGから分離した第3の発光ピークPRを有する。この様な構成により、第4の実施の形態に係る半導体発光装置は、図4と同様な互いに分離した発光ピークPB、PG、PRを有する第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光する。

【0071】なお、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置では、シリカ等からなる光散乱材を、LEDチップ2と蛍光体チップ12とを被覆するようにカップ部内に形成された被覆体に混合させても良い。この様にすれば、LEDチップ2から出射された青色光（第1の発光バンドの光）が効率良く板状の蛍光体チップ12に当たる。このため、蛍光体チップ12による波長変換の割合が高まるとともに、被覆体の内部において、蛍光体チップ12によって波長変換された光（第2及び第3の発光バンドの光）と波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）とがムラなく混色される。このため、半導体発光装置の外部に放出される光の指向角方向における色調ムラが防止される。

【0072】（第5の実施の形態）本発明の第5の実施の形態に係る半導体発光装置は、図11に示すように、半導体発光素子としてのLEDチップ2と、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。但し、蛍光体は、第4の実施の形態と同様に、板状の蛍光体チップ12に含まれている。板状の蛍光体チップ12は、LEDチップ2から

照射される光に対して光透過性を有するMn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体が混合されている。板状の蛍光体チップ12は、Mn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体の単結晶、多結晶、焼結体、又は蛍光体の粉末を樹脂、低融点ガラス、セラミックコーティング剤等のコーティング部材に混合・固化して形成された複合固化体等である。

【0073】更に、図11に示すように、第5の実施の形態に係る半導体発光装置は、絶縁性基板17を用いて構成され、この絶縁性基板17の一方の主面にカップ部16が形成されている。このカップ部16の底部のカップ底部16aから絶縁性基板17の他方の主面向かい、互いに反対方向に外側に延びる第1及び第2配線導体34、33とを形成されている。板状の蛍光体チップ12は、カップ部16の底部のカップ底部16aにおいて、第2配線導体33の端部の表面に光透過性又は光反射性の第1接着剤13を介して接着されている。そして、LEDチップ2は、板状の蛍光体チップ12の上部に光透過性の第2接着剤15を介して接着されている。このLEDチップ2の上面には、アノード電極及びカソード電極が形成されている。アノード電極と第1配線導体34とは、ボンディングワイヤ26により、カソード電極と第2配線導体33とは、ボンディングワイヤ25により電気的に接続されている。そして、第1及び第2配線導体34、33の一部、ボンディングワイヤ25、26、LEDチップ2、第2接着剤15、蛍光体チップ12及び第1接着剤13等を包囲する形でシリカ粉末等の光散乱材を混合した封止体8が配置されている。

【0074】第5の実施の形態に係る半導体発光装置の第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピークP_Bを有する。第1の発光ピークP_Bの波長は、420nm～480nmの青色領域にある。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピークP_Bから分離した第2の発光ピークP_Gを有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピークP_Gから分離した第3の発光ピークP_Rを有する。即ち、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置では、LEDチップ2から下方に出射された青色光（第1の発光バンドの光）の一部は板状の蛍光体チップ12によって波長変換され第2及び第3の発光バンドの光になる。この第1、第2及び第3の発光バンドの光は、鏡面に仕上げられた第2配線導体33の端部の表面において上方に反射され、再びLEDチップ2の内部を透過する。そして、波長変換された光（第2及び第3の発光バンドの光）と波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）とが、混色されて外部に放出される。即ち、鏡面に仕上げられた第2配線導体33の端部の表面においては、波長変換されなかった残りの青色光（第1の発光バンドの光）も反射され、再びLEDチップ2の内部を透過し、波長変換された光（第2及び第3の発光バンドの

光）と混色されて外部に放出される。この結果、第5の実施の形態に係る半導体発光装置は、図4と同様な互いに分離した発光ピークP_B、P_G、P_Rを有する第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光する。

【0075】本発明の第5の実施の形態に係る半導体発光装置は、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置を、表面実装用の半導体発光装置の形態に変更したものであり、他の構造や発光の動作原理等は本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置と同じである。板状の蛍光体チップ12も本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置と同じものが使用できる。

【0076】なお、本発明の第5の実施の形態に係る半導体発光装置は、第4の実施の形態に係る半導体発光装置に比して、小型に出来るため、第4の実施の形態のように、カップ部内に充填された被覆体を選択的に光散乱材を混合せずに、封止体8に光散乱材を直接混合しても良い。

【0077】（第6の実施の形態）本発明の第6の実施の形態に係る半導体発光装置は、図12に示すように、半導体発光素子としてのLEDチップ2と、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。但し、蛍光体は、板状、若しくはブロック状に成形された蛍光体チップ12に含まれている。即ち、この蛍光体チップ12は、LEDチップ2から照射される光に対して光透過性を有するMn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体の単結晶、多結晶、焼結体、又は蛍光体の粉末を樹脂、低融点ガラス、セラミックコーティング剤等のコーティング部材に混合・固化して形成された複合固化体等である。蛍光体チップ12の厚さは、例えば10μm～100μm程度が好ましい。蛍光体チップ12の平面寸法は、図12に示すように、LEDチップ2の平面寸法と同一若しくは、それ以上に設定されている。

【0078】第6の実施の形態に係る半導体発光装置は、絶縁性基板18を用いて構成されている。絶縁性基板18の一方の主面の中心部から、絶縁性基板18の他方の主面向かい、互いに反対方向に外側に延びる第1及び第2配線導体34、33とを形成されている。

【0079】図12に示す第6の実施の形態に係る半導体発光装置は、いわゆる「フリップチップ構造」であり、絶縁性基板18の一方の主面に、この主面に沿って互いに反対方向に外側に延びる第1及び第2配線導体34、33とを形成している。この第2及び第1配線導体33、34のそれぞれの一方の端部の表面には、カソードバンプ3a、アノードバンプ3bが形成されている。カソードバンプ3a、アノードバンプ3bとしては、半田ボール、金（Au）バンプ、銀（Ag）バンプ、銅（Cu）バンプ、ニッケル／金（Ni-Au）バンプ、或いはニッケル／金／インジウム（Ni-Au-In）

ランプ等の軟質金属が使用可能である。半田ボールとしては、直径 $50\mu\text{m}$ 乃至 $100\mu\text{m}$ 、高さ $25\mu\text{m}$ 乃至 $100\mu\text{m}$ の錫(Sn)：鉛(Pb)=6：4の共晶半田等が使用可能である。或いは、Sn：Pb=5：95の半田でも良い。LEDチップ2の表面に形成された第2の電極(カソード電極)2aと第1の電極(アノード電極)2bは、このカソードランプ3a、アノードランプ3bを介して、それぞれ、第2及び第1配線導体33、34の一方の端部に、加熱接着、超音波ボンディング、導電性接着剤による接着などによって、電気的に接続している。蛍光体チップ12は、LEDチップ2の裏面に光透過性の接着剤4を介して接着されている。そして、LEDチップ2と蛍光体チップ12等を包囲する形でシリカ粉末等の光散乱材を混合した封止体8が配置されている。

【0080】本発明の第6の実施の形態に係る半導体発光装置では、LEDチップ2の裏面から上方に出射された青色光(第1の発光バンドの光)の一部は板状、若しくはブロック状の蛍光体チップ12によって波長変換され、第2及び第3の発光バンドの光になる。第1の発光バンドの光は、青色領域に第1の発光ピーク P_B を有する。例えば、第1の発光ピーク P_B の波長は、 420nm ～ 480nm の青色領域にあれば良い。第2の発光バンドの光は、緑色領域において第1の発光ピーク P_B から分離した第2の発光ピーク P_G を有し、第3の発光バンドの光は、赤色領域において第2の発光ピーク P_G から分離した第3の発光ピーク P_R を有する。第2及び第3の発光バンドの光は、上方に出射され、封止体8中で、波長変換されなかった残りの青色光(第1の発光バンドの光)と混色されて封止体8の外部に放出される。また、LEDチップ2の表面から下方に出射された青色光(第1の発光バンドの光)の一部は、鏡面に仕上げられた第1及び第2配線導体34、33の端部の表面で上方に反射され、この反射光も、蛍光体チップ12によって波長変換され第2及び第3の発光バンドの光となる。この第2及び第3の発光バンドの光も更に上方に出射され、封止体8の内部において、波長変換されなかった残りの反射光(第1の発光バンドの光)と混色されて封止体8の外部に放出される。この結果、第6の実施の形態に係る半導体発光装置は、図4と同様な互いに分離した発光ピーク P_B 、 P_G 、 P_R を有する第1～第3の発光バンドからなるスペクトルの光を発光する。

【0081】本発明の第6の実施の形態に係る半導体発光装置では、LEDチップ2と蛍光体チップ12とを包囲する封止体8を有しているので、LEDチップ2から出射された青色光が蛍光体チップ12によって波長変換された光と波長変換されなかった残りの青色光とがムラなく混色される。このため、半導体発光装置の外部に放出される光の指向角方向における色調ムラが防止される。

【0082】なお、LEDチップ2と板状、若しくはブロック状の蛍光体チップ12とをあらかじめ接着して組立体を形成しておき、後から組立体を第1及び第2配線導体34、33の一方の端部に電気的に接続するようにしても良い。

【0083】(第7の実施の形態)本発明の第7の実施の形態に係る半導体発光装置は、図13に示すように、半導体発光素子としてのLEDチップ2、LEDチップ2を被覆する砲弾型に形成された封止体8、LEDチップ2から出射した第1の発光バンドの光で励起されることにより、第2及び第3の発光バンドの光を発光する蛍光体とから構成されている。但し、蛍光体は、砲弾型の封止体8を被覆して形成された蛍光体カバー6に含まれている。蛍光体カバー6には、シリコン樹脂や熱可塑性ポリアミド樹脂等比較的軟質の透光性部材にMn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体を混合した材料が用いられている。この蛍光体カバー6は、あらかじめ砲弾型の封止体8の外形状にに合わせて成型したものを封止体8に被着するか、若しくは封止体8に塗布等の方法により直接に被着させて形成される。

【0084】更に、図13に示すように、第7の実施の形態に係る半導体発光装置は、第1配線導体35及び第2配線導体36を有し、第1配線導体35の一方の端部には、カップ部16が形成されている。LEDチップ2は導電性のSiC基板上にエピタキシャル成長して形成され、SiC基板がカソード領域として機能している。このLEDチップ2の下部のカソード領域の下面には、図示を省略したカソード電極が全面又は一部に形成されている。カソード領域の下面には、カソード電極として、Ti/Auを積層した2層構造、Al、Inの単層等の金属薄膜を用いることが可能である。そして、カソード電極は、カップ部16の底部のカップ底部16aに、図示を省略した導電性接着剤若しくは半田により接着されている。一方、LEDチップ2の上面には、図示を省略したアノード電極が形成されている。アノード電極としては、Ni/Auの積層構造、Pd、Ti、Pt、Inの単層、あるいはNi/Auを含めた積層構造、合金でも可能である。アノード電極と第2配線導体36とは、ボンディングワイヤ24により、電気的に接続されている。封止体8は、第1及び第2配線導体35、36の一部、ボンディングワイヤ24、LEDチップ2等を包囲する形で形成されている。

【0085】即ち、本発明の第7の実施の形態に係る半導体発光装置においては、LEDチップ2から出射された青色光(第1の発光バンドの光)の一部により蛍光体カバー6中のMn付括ランタノイド・アルミネート系蛍光体が励起されて互いに分離した緑色光(第2の発光バンドの光)と赤色光(第3の発光バンドの光)とが生成され、蛍光体を励起しなかった残りの青色光(第1の発光バンドの光)と第2及び第3の発光バンドの光との混

色光が、蛍光体カバー 6 の外部に放出される。第 1 の発光バンドの光は、青色領域に第 1 の発光ピーク P_B を有する。例えば、第 1 の発光ピーク P_B の波長は、420 nm ~ 480 nm の青色領域にある。第 2 の発光バンドの光は、緑色領域において第 1 の発光ピーク P_B から分離した第 2 の発光ピーク P_G を有し、第 3 の発光バンドの光は、赤色領域において第 2 の発光ピーク P_G から分離した第 3 の発光ピーク P_R を有する。この結果、第 7 の実施の形態に係る半導体発光装置は、図 4 と同様な互いに分離した発光ピーク P_B 、 P_G 、 P_R を有する第 1 ~ 第 3 の発光バンドからなるスペクトルの光を、蛍光体カバー 6 の外部に発光する。

【0086】なお、本発明の第 1 乃至第 6 の実施の形態と同様に、絶縁性のサファイア基板を用い、LED チップ 2 の上面には、アノード電極及びカソード電極の両方が形成された構造でも良いことは勿論である。この場合は、アノード・カソード電極はそれぞれ対応する第 1 / 第 2 配線導体 35、36 に、ボンディングワイヤにより電気的に接続されている。

【0087】（その他の実施の形態）上記のように、本発明は第 1 乃至第 7 の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

【0088】例えば、本発明の蛍光体母材に、La に限らずその他のランタノイド元素単体のアルミン酸塩又は複数の元素のアルミン酸塩を用いることによって、蛍光体の励起波長及び緑色、赤色の発光波長を様々な調整することが出来、半導体発光装置の表色範囲等を様々な変えることが出来る。また、本発明の蛍光体の温度特性や発光効率の改善のため、Mn 以外の付括剤を添加することも可能である。

【0089】また、本発明の第 1 の実施の形態において、第 7 の実施の形態と同様に、SiC などの導電性基板を用いて LED チップを構成し、導電性基板の下面の全面又は一部に電極を形成し、この電極をカップ底部に、導電性接着剤若しくは半田により接着する構造でもかまわないことは勿論である。

【0090】更に、本発明の第 2 乃至第 5 の実施の形態、及び第 7 の実施の形態において、第 6 の実施の形態と同様にカップ部を設けない構造とすることも出来る。

【0091】本発明の半導体発光装置は、半導体発光素子と、この半導体発光素子から出力された青色光で励起される 1 種類の蛍光体との組み合わせからなるものである。そして、蛍光体の発光スペクトルが緑色領域と赤色領域との互いに分離した発光ピークを有する 2 つの発光バンドを有し、且つ、外部に取り出される混色光のスペクトルが青色光と緑色光と赤色光の互いに分離した発光ピークを有する 3 つの発光バンドを有することを基本的

な技術思想とする。したがって、この技術思想の範囲内であれば、既に述べた第 1 乃至第 7 の実施の形態の説明において例示された構造に限るものではなく、他の LED チップと 1 種類の蛍光体とを組み合わせるための具体的な構造が許容されることは容易に理解できるであろう。つまり、目的や用途に応じて最も適した実施の形態をとることによって、本発明の半導体発光装置の数々の優れた特徴を遺憾なく発揮することが可能となる。

【0092】この様に、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【0093】

【発明の効果】本発明によれば、3 波長冷陰極蛍光管と同様な青色光、緑色光、赤色光の、互いに分離した発光ピークを有する三原色の発光スペクトルを持ち、且つ、そのスペクトルは透過型カラー液晶表示装置のカラーフィルタの透過スペクトルとも良く一致した半導体発光装置が提供できる。

【0094】また、本発明によれば、蛍光体の緑色光と赤色光の成分比を自由に調整することが出来、LED チップの青色光と蛍光体の発光との成分比も自由に調整でき、外部光と同様な表示画像の色調バランスが得られる半導体発光装置が提供できる。

【0095】また、本発明によれば、目を長時間使う作業に用いても目が疲れず、一般の照明光源としても好適に使用することが出来る半導体発光装置が提供できる。

【0096】また、本発明によれば、様々な色調の光を作り出すことが可能な半導体発光装置が提供できる。

【0097】また、本発明によれば、コーティング部材や封止体等の劣化が少なく、高い信頼性を有した半導体発光装置が提供できる。

【0098】また、本発明によれば、構造が簡単で、安価で量産性に優れた半導体発光装置が提供できる。

【0099】また、本発明によれば、製造が容易で、色調ムラや色調バラつきが少ない半導体発光装置が提供できる。

【0100】また、本発明によれば、紫外線の漏出がなく安全で明るい光が得られる半導体発光装置が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的断面図である。

【図 2】Mn 付括 La アルミネート系蛍光体の励起スペクトルである。

【図 3】Mn 付括 La アルミネート系蛍光体の発光スペクトルである。

【図 4】本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体発光装置の発光スペクトルである。

【図5】Mn付括Laアルミネート系蛍光体のMn添加量と発光色の関係である。

【図6】Mn付括Laアルミネート系蛍光体を用いた半導体発光装置の混色のしくみを説明する色度図である。

【図7】Mn付括Laアルミネート系蛍光体を用いた半導体発光装置の発光可能な色度範囲を示す色度図である。

【図8】本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的な断面図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的な断面図である。

【図10】本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的な断面図である。

【図11】本発明の第5の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的な断面図である。

【図12】本発明の第6の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的な断面図である。

【図13】本発明の第7の実施の形態に係る半導体発光装置の模式的な断面図である。

【図14】第1の従来技術に係る半導体発光装置の模式的断面図である。

【図15】第2の従来技術に係る半導体発光装置の模式的断面図である。

【図16】Ce付括YAG系蛍光体の励起スペクトルである。

【図17】Ce付括YAG系蛍光体の発光スペクトルである。

【図18】第1の従来技術に係る半導体発光装置の発光スペクトルである。

【図19】3波長冷陰極蛍光管の発光スペクトルの一例である。

【図20】透過型カラー液晶表示装置のカラーフィルタの透過スペクトルの一例である。

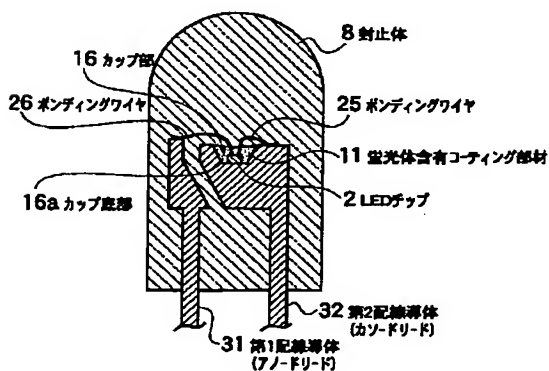
【図21】第1の従来技術に係る半導体発光装置の混色のしくみを説明するための色度図である。

【図22】第1の従来技術に係る半導体発光装置の発光可能な色度範囲を示す色度図である。

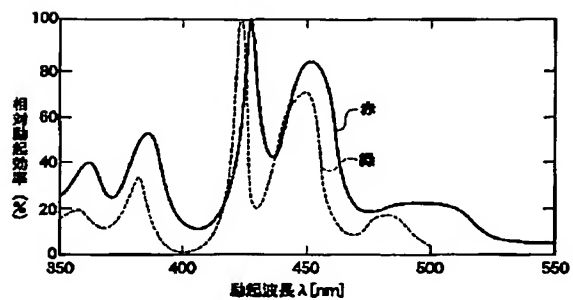
【符号の説明】

- 2 LEDチップ
- 2a カソード電極
- 2b アノード電極
- 3a カソードバンプ
- 3b アノードバンプ
- 6 蛍光体カバー
- 8 封止体
- 10, 11 蛍光体含有コーティング部材
- 12 蛍光体チップ
- 13 第1接着剤
- 14 接着剤
- 15 第2接着剤
- 16 カップ部
- 16a カップ底部
- 17, 18 絶縁性基板
- 19 コーティング部材
- 20 蛍光コーティング部材
- 24, 25, 26 ボンディングワイヤ
- 31, 34, 35 第1配線導体
- 32, 33, 36 第2配線導体

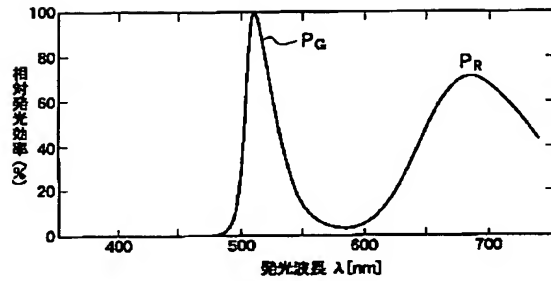
【図1】



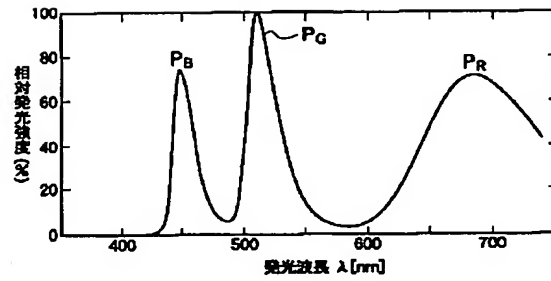
【図2】



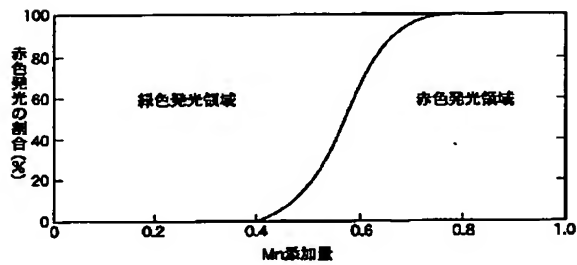
【図3】



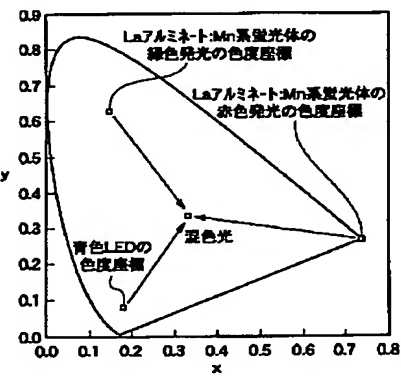
【図4】



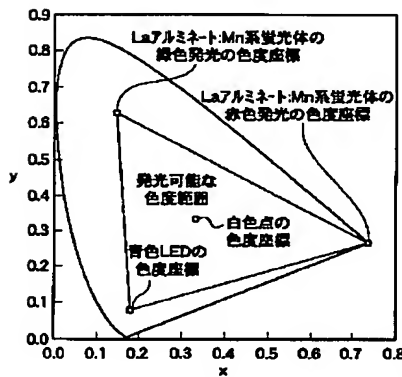
【図5】



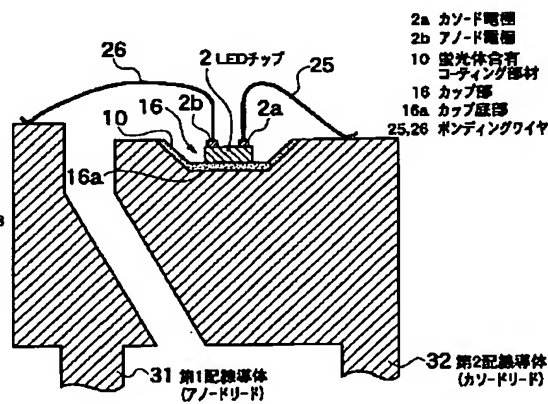
【図6】



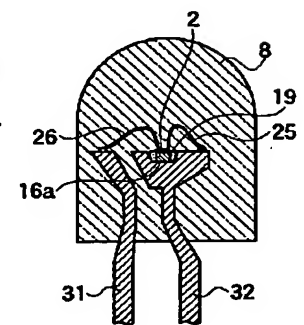
【図7】



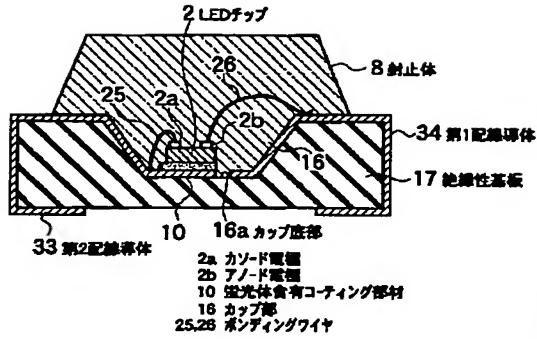
【図8】



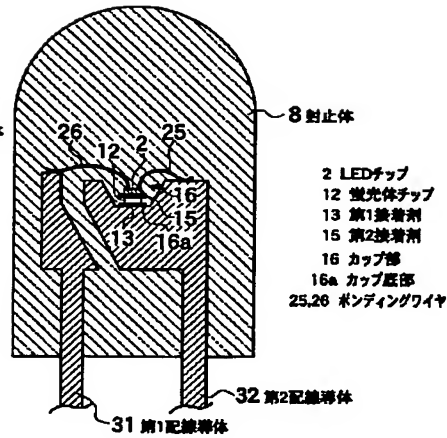
【図14】



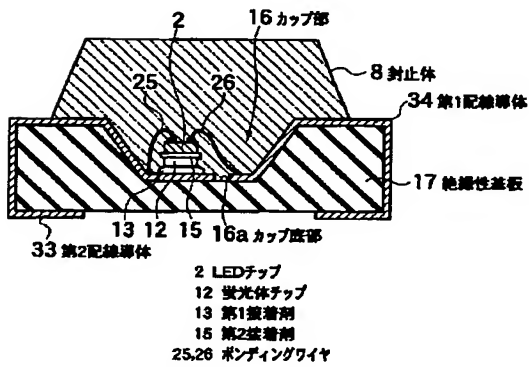
【図9】



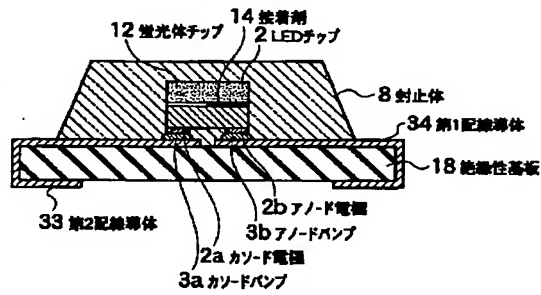
【図10】



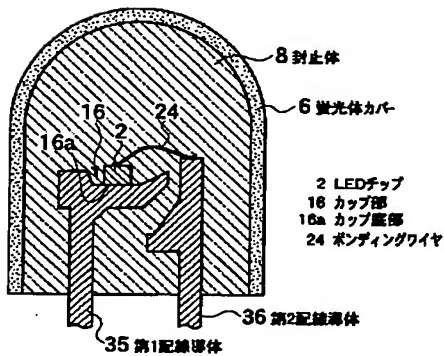
【図11】



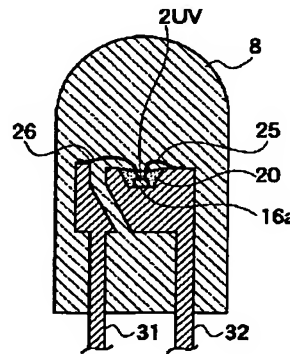
【図12】



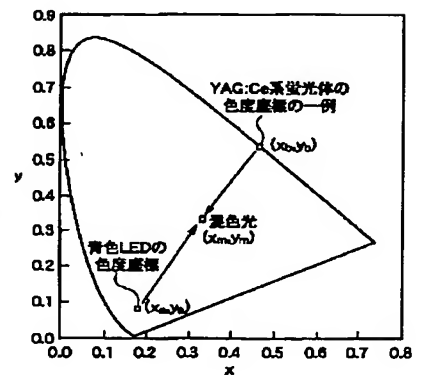
【図13】



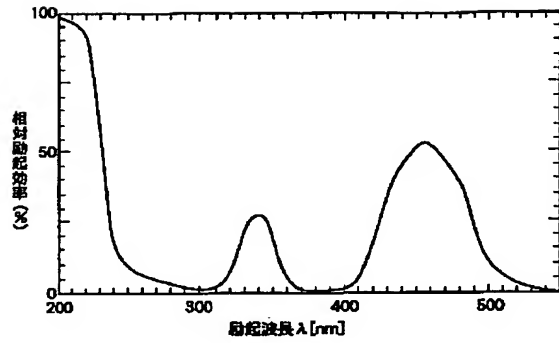
【図15】



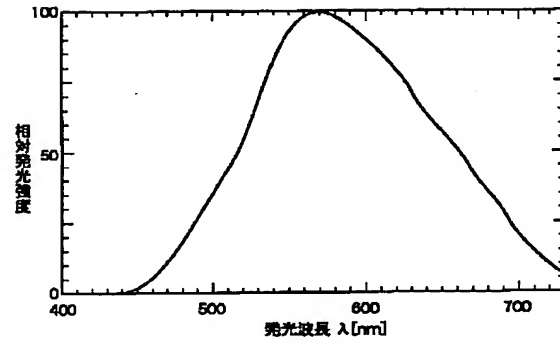
【図21】



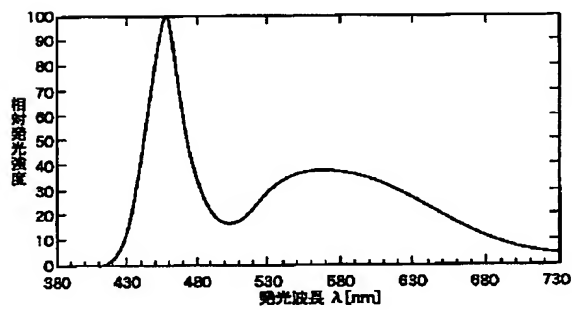
【図16】



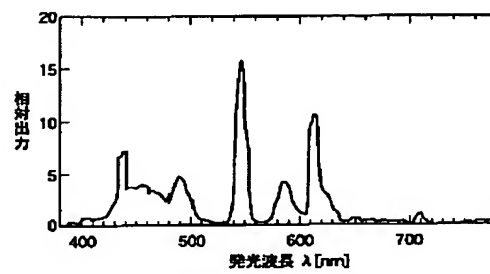
【図17】



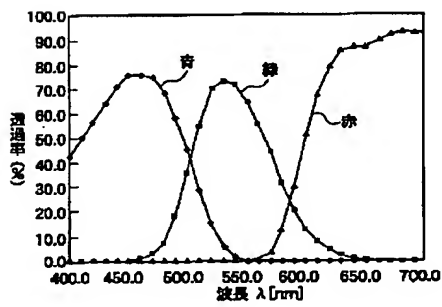
【図18】



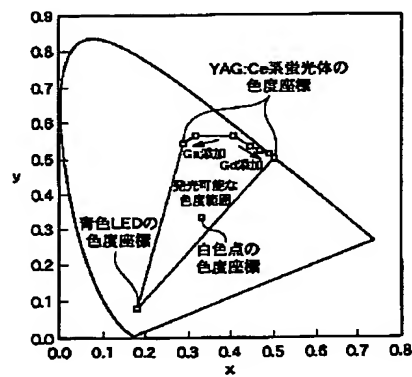
【図19】



【図20】



【図22】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)